

**WO 01/18502 A1**



(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, UG, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— Mit internationalem Recherchenbericht.

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

---

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur Bestimmung einer physikalischen Prozeßgröße eines Mediums (2). Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung vorzuschlagen, die in Verbindung mit unterschiedlichen Sensoren einsetzbar ist, wobei den Sensoren gemeinsam ist, daß sie eine Prozeßgröße mittels eines Laufzeitverfahrens ermitteln. Die Vorrichtung weist einen Sensor (4), eine sensorspezifische Applikationseinheit (5) und eine vom jeweils verwendeten Sensor im wesentlichen unabhängige Auswerteeinheit (6) auf, wobei dem Sensor (4) eine Sende-/Empfangseinheit (7) zugeordnet ist, wobei die Sendeeinheit (7a) Meßsignale in Richtung des Mediums (2) aussendet und wobei die Empfangseinheit (7b) die durch die Wechselwirkung mit dem Medium (2) beeinflussten Meßsignale empfängt, und wobei die Applikationseinheit (5) derart ausgestaltet ist, daß sie unabhängig von dem jeweils verwendeten Sensor (4) Meßdaten zur Verfügung stellt, aus denen die Auswerteeinheit (6) mittels eines einheitlichen Auswerte-Algorithmus die physikalische Prozeßgröße über ein Laufzeitverfahren bestimmt.

## **Vorrichtung zur Bestimmung einer physikalischen Prozeßgröße eines Mediums**

5

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur Bestimmung einer physikalischen Prozeßgröße eines Mediums. Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung ist unter dem Begriff 'physikalische Prozeßgröße' insbesondere der Füllstand eines Mediums in einem Behälter oder der Durchfluß eines Mediums durch eine Leitung zu verstehen. Jedoch ist die erfindungsgemäße Vorrichtung nicht nur auf diese explizit genannten Prozeßgrößen anwendbar, sondern sie kann -ganz allgemein gesprochen- auf beliebige Prozeßgrößen, die mittels eines Laufzeitverfahrens ermittelt werden, ausgedehnt werden.

15

Sowohl beim 'echten Radarverfahren' als auch beim TDR-Verfahren werden Meßsignale in Richtung der Oberfläche des Mediums ausgesendet und an der Oberfläche des Mediums zumindest teilweise als sog. Echosignale reflektiert. Die reflektierten Echosignale werden detektiert und über ein Laufzeitverfahren ausgewertet. Der wesentliche Unterschied zwischen dem echten Radarverfahren und dem TDR-Verfahren ist darin zu sehen, daß im ersten Falle die elektromagnetischen Wellen bzw. die Schall- oder Ultraschallwellen frei abgestrahlt werden, während sich die elektromagnetischen oder akustischen Meßsignale beim TDR-Verfahren gezielt längs eines die Meßsignale führenden Elements ausbreiten. TDR ist übrigens eine Abkürzung für Time Domain Reflectometry. Durch Auswertung der Amplitudenwerte und eventuell der Phasenwerte der Echosignale wird dann der Füllstand in dem Behälter über ein Laufzeitverfahren ermittelt. Angewendet werden kann sowohl das Pulsradar-Verfahren, bei dem die Echosignale gepulst abgestrahlt werden, als auch das FMCW-Verfahren, bei dem kontinuierliche Wellen periodisch linear, z. B. mit einer Sägezahnspannung, frequenzmoduliert sind. Beim TDR-Verfahren werden üblicherweise steilflankige Delta-Pulse auf das leitfähige Element gegeben.

35

Laufzeitverfahren nutzen die physikalische Gesetzmäßigkeit aus, wonach die Laufstrecke gleich dem Produkt aus Laufzeit und Ausbreitungsgeschwindigkeit-

keit ist. Im Falle der Füllstandsmessung entspricht die Laufstrecke dem doppelten Abstand zwischen Antenne und Oberfläche des Füllguts. Das eigentliche Nutzechosignal und dessen Laufzeit werden üblicherweise anhand der sog. Echofunktion bzw. der digitalen Hüllkurve bestimmt, wobei die  
5 Hüllkurve die Amplituden der Echosignale als Funktion des Abstandes 'Antenne – Oberfläche des Füllguts' wiedergibt. Der Füllstand selbst ergibt sich dann aus der Differenz zwischen dem bekannten Abstand der Antenne von dem Boden des Behälters und dem durch die Messung bestimmten Abstand der Oberfläche des Füllguts von der Antenne. Analoge Überlegungen  
10 gelten bei der Bestimmung des Masse-Durchflusses durch eine Leitung.

Geräte der zuvorgenannten Art werden von der Anmelderin im Bereich der Füllstandsmessung und der Durchflußmessung hergestellt und vertrieben. So steht die Produktbezeichnung 'Mikropilot' für einen Sensor, der Mikrowellen  
15 frei abstrahlt; 'Prosonic' bzw. 'Prosonic Flow' kennzeichnen Sensoren, die auf der Basis von Ultraschallwellen arbeiten, und 'Levelflex' bezeichnet einen TDR-Sensor.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung vorzuschlagen,  
20 die in Verbindung mit unterschiedlichen Sensoren einsetzbar ist, wobei den Sensoren gemeinsam ist, daß sie eine Prozeßgröße mittels eines Laufzeitverfahrens ermitteln.

Die Aufgabe wird dadurch gelöst, daß die Vorrichtung sich aus folgenden  
25 Bestandteilen zusammensetzt: einem Sensor, einer sensorspezifischen Applikationseinheit und einer vom jeweils verwendeten Sensor im wesentlichen unabhängigen Auswerteeinheit, wobei dem Sensor eine Sende-/Empfangseinheit zugeordnet ist, wobei die Sendeeinheit Meßsignale in Richtung des Mediums aussendet und wobei die Empfangseinheit die durch  
30 die Wechselwirkung mit dem Medium beeinflussten Meßsignale empfängt, und wobei die Applikationseinheit derart ausgestaltet ist, daß sie unabhängig von dem jeweils verwendeten Sensor Meßdaten zur Verfügung stellt, aus denen die Auswerteeinheit mittels eines einheitlichen Auswerte-Algorithmus' die physikalische Prozeßgröße über ein Laufzeitverfahren bestimmt. Durch die  
35 geschickte Aufteilung der einzelnen Komponenten des Sensors wird so erfindungsgemäß einmal erreicht, daß beispielsweise nur noch eine Auswerte-

einheit universell für beliebige auf dem Laufzeitverfahren basierende Sensoren einsetzbar ist. Auch die Applikationseinheit ist weitgehend universell einsetzbar ausgestaltet und zeigt gleichfalls nur geringfügige, vom jeweils verwendeten Sensor abhängige Abweichungen auf.

5

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist vorgesehen, daß eine von dem jeweils verwendeten Sensor unabhängige Kommunikationseinheit für den Datenaustausch mit einer entfernten Prozeßleitstelle vorgesehen ist. Neben der für alle gängigen Sensortypen im Bereich der berührungslosen Füllstands- bzw. Durchflußmessung im wesentlichen einheitlichen Applikations- und Auswerteeinheit vereinheitlicht diese Ausgestaltung auch den Bereich, der die Kommunikation zwischen Sensor und einer entfernten Prozeßleitstelle betrifft.

10

15

Vorzugsweise sind gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung die Kommunikationseinheit und die Prozeßleitstelle über einen seriellen Bus verbunden, wobei die Kommunikationseinheit Schnittstellen aufweist, die für den Datenaustausch mittels unterschiedlicher Übertragungsstandards konfiguriert sind. Als Beispiele für derartige Übertragungsstandards sind der Profibus PA, das Fieldbus Foundation Protokoll oder das HART-Protokoll zu nennen.

20

25

Wie bereits an vorhergehender Stelle erwähnt, handelt es sich gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der erfindungsgemäßen Vorrichtung um einen Sensor, der elektromagnetische Wellen oder akustische Wellen frei oder über ein leitendes Element in Richtung des Mediums abstrahlt oder in Richtung des Mediums führt.

30

Im Falle eines Mikrowellensensors ist gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung vorgesehen, daß der Applikationseinheit ein Hochfrequenzmodul zugeordnet ist, das die hochfrequenten Meßsignale erzeugt und anschließend in den niederfrequenten Meßbereich transformiert. Insbesondere wird vorgeschlagen, daß das Hochfrequenzmodul Teil der sensorspezifischen Applikationseinheit ist, wobei das Hochfrequenzmodul und die Applikationseinheit gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung in den Sensor integriert sind.

35

Der Vorteil der Transformation der hochfrequenten Meßsignale in den niederfrequenten Bereich ist darin zu sehen, daß relativ langsame und somit kostengünstige elektronische Bauteile zur Signalerfassung und/oder Signalauswertung verwendet werden können. Unabdingbare Voraussetzung der Zeitdehnung bzw. Zeitverzögerung mittels sequentieller Abtastung ist eine konstante Zeitdifferenz zwischen zwei aufeinanderfolgenden Abtastpunkten. Bekannte Verfahren, die diese Voraussetzung erfüllen, basieren auf dem Mischerprinzip und dem Rampenprinzip.

Selbstverständlich könnte im Rahmen der erfindungsgemäßen Vorrichtung die Applikationseinheit auch für alle Sensortypen einheitlich ausgestaltet sein. Bevorzugt wird jedoch hierauf verzichtet, da das Hochfrequenzmodul bei Ultraschall-Sensoren eine überflüssige und relativ teure Zusatz-Baugruppe darstellt. Weiß man also bereits zum Zeitpunkt der Fertigung bereits, daß die Applikationseinheit und die Auswerteeinheit zukünftig ausschließlich einem Ultraschallsensor zugeordnet werden, so wird das Hochfrequenzmodul aus Kostengründen nicht in die Applikationseinheit integriert.

Wie bereits an vorhergehender Stelle erwähnt, handelt es sich bei der zu messenden Prozeßgröße bevorzugt um den Füllstand eines Mediums in einem Behälter oder um den Durchfluß eines Mediums durch eine Leitung.

Gemäß einer vorteilhaften -da kostensparenden – Weiterbildung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist jeweils an der sensorspezifischen Applikationseinheit eine Schnittstelle vorgesehen, über die im Falle eines Ultraschallsensors die Sendefrequenz und die Sendeimpulsdauer an die Sendeeinheit übertragen werden; im Falle eines Mikrowellensensors oder eines Sensors, der die Mikrowellen mittels eines leitenden Elements in Richtung des Mediums führt, wird über die Schnittstelle das Hochfrequenzmodul angesteuert.

Um Speicherplatz und Rechenzeit einzusparen sieht eine bevorzugte Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung vor, daß die Auswerteeinheit die durch das Medium beeinflussten Meßsignale innerhalb eines ersten Meßbereichs mit einer ersten Abtastfrequenz abtastet, wobei die erste Abtastfrequenz eine erste Distanzauflösung der durch das Medium

beeinflußten Meßsignale definiert, und daß die Auswerteeinheit die durch das Medium beeinflußten Meßsignale innerhalb zumindest eines zweiten Meßbereichs mit einer zweiten Abtastfrequenz abtastet, wobei die zweite Abtastfrequenz einer zweiten Distanzauflösung der durch das Medium beeinflußten Meßsignale entspricht und wobei die Meßbereiche und die Abtastfrequenzen derart gewählt werden, daß die folgenden beiden Bedingungen gleichzeitig erfüllt sind: Der zweite Meßbereich ist ein Teilbereich des ersten Meßbereiches, und die zweite Abtastfrequenz ist größer als die erste Abtastfrequenz.

Weiterhin ist vorgesehen, daß die Auswerteeinheit zur Bestimmung des Füllstandes des Mediums in dem Behälter ein Nutzechosignal, das den an der Oberfläche des Mediums reflektierten Anteil des Meßsignals repräsentiert, in bezug auf ein systemabhängiges Referenzechosignal auswertet, wobei das systemabhängige Referenzsignal den Anteil des Meßsignals repräsentiert, der aufgrund von Reflexionen beim Übergang auf die Sendeeinheit oder innerhalb der Sendeeinheit auftritt.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung schlägt darüber hinaus vor, daß die Auswerteeinheit als ersten Meßbereich den gesamten Meßbereich wählt, wobei der gesamte Meßbereich den Bereich zwischen dem minimalen Füllstand und dem maximalen Füllstand des Mediums in dem Behälter umfaßt, und daß die Auswerteeinheit als weitere Meßbereiche zumindest einen ausgewählten Bereich in der Umgebung des Nutz-Echosignals und des Referenzechosignal heranzieht.

Eine Gesamtbereichsmessung ist sinnvoll, um einen Überblick über den Gesamtbereich zu erhalten und so auch alle Echosignale, insbesondere auch die Störechsignale, zu erfassen. Sie bietet sich darüber hinaus auch dann an, wenn sich z. B. im Rahmen der Füllstandsmessung die Oberfläche des Mediums stark bewegt und sich der Füllstand schnell ändert. Die hochauflösende Messung innerhalb eines Teilbereichs dient dazu, bei ruhiger Füllstandsoberfläche die Distanzauflösung zu steigern und so – wiederum bezogen auf die Füllstandsmessung - sehr genaue Angaben über den jeweiligen Füllstand des Mediums in dem Behälter zu machen. Natürlich kann beliebig zwischen den beiden Meßprinzipien hin- und hergesprungen werden:

Ist die Oberfläche im wesentlichen ruhig, so wird die Teilbereichsmessung herangezogen; ist die Oberfläche bewegt, wo kommt vermehrt die Gesamtbereichsmessung zum Einsatz.

5

Die Erfindung wird anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert. Es zeigt:

10

Fig. 1: eine schematische Darstellung der einzelnen Komponenten einer vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung und

Fig. 2: ein Blockschaltbild einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung.

15

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung der einzelnen Komponenten einer vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung, die zur Füllstandsmessung herangezogen wird. Das Medium 2 ist in einem Behälter 3 angeordnet. Oberhalb des maximal möglichen Füllstandes des Mediums 2 in dem Behälter 3 ist der Sensor 4 angeordnet, der die Meßsignale über die Antenne 39 frei in Richtung der Oberfläche des Mediums 2 abstrahlt. Das Aussenden und Empfangen der Meß- und Echosignale erfolgt über die Sende-/Empfangseinheit 7; 7a, 7b. Mit der Sende-/Empfangseinheit 7 verbunden ist die Applikationseinheit 5, die üblicherweise einen auf den jeweils verwendeten Sensor 4 abgestimmten Aufbau aufweist.

25

Über die Schnittstelle 'Applikationseinheit-Auswerteeinheit' 15 ist die Applikationseinheit 5 mit der Auswerteeinheit 6 verbunden. Diese Auswerteeinheit 6 weist unabhängig von dem jeweils eingesetzten Sensortypen 4 einen einheitlichen Aufbau auf. In der Auswerteeinheit 6 wird anhand der empfangenen Echosignale der momentane Füllstand in dem Behälter 3 bestimmt. Über die Schnittstelle 'Auswerteeinheit-Kommunikationseinheit' 13 ist die Auswerteeinheit 6 mit der Kommunikationseinheit 8 verbunden. Diese Schnittstelle 13 ist für alle im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung verwendbaren Sensortypen gleich. Über die Schnittstelle 13 werden von der Kommunikationseinheit 8 die Betriebsvariablen, die für das Auffinden des Echosignals und die Auswertung der Meßsignale relevant sind, an die

35



Auswerteeinheit 6 weitergegeben. Die Kommunikationseinheit 8 erhält die Betriebsvariablen entweder über die Anzeige-/Eingabeeinheit 17 oder über eine Schnittstelle 10, 11, 12 von der Prozeßleitstelle 9. Bei diesen Betriebsvariablen handelt es sich beispielsweise um den minimalen und maximalen Meßbereich, die Distanzauflösung oder die Filtervariablen. Die Auswerteeinheit 6 gibt z. B. berechnete und standardisierte Füllstandsdaten über die Schnittstelle 13 an die Kommunikationseinheit 8 weiter.

Neben der Aufrechterhaltung sämtlicher Kommunikationsaufgaben ist es auch die Aufgabe der Kommunikationseinheit 8 weitere Aktivitäten bereitzustellen, die unterschiedlichen Meßprinzipien einheitlich anwendbar sind. Bei diesen Aktivitäten handelt es sich beispielsweise um die Umrechnung in verschiedene Einheiten, die Linearisierung, Fehlermeldungen, Grenzwertmeldungen, Stromausgangsansteuerung, usw.

Die Kommunikationseinheit 8 kommuniziert über den seriellen Bus 14a; 14b; 14c mit der Prozeßleitstelle 9. Die Kommunikationseinheit 8 ist einheitlich so konfiguriert, daß sie mit der entfernten Prozeßleitstelle 9 je nach ausgewählter Schnittstelle 14a, 14b, 14c mittels unterschiedlicher Übertragungsstandards 10, 11, 12 kommunizieren kann. Bei den Übertragungsstandards handelt es sich im dargestellten Fall um den ProfiBus PA 10, das HART Protokoll 11 oder das FieldBus Foundation Protokoll 12. Im gezeigten Fall erfolgt die Kommunikation übrigens über das Hart Protokoll 11.

Über die Schnittstelle 'Kommunikationseinheit-Anzeigeeinheit' 16 ist die Kommunikationseinheit 8 mit einer Anzeige-/Eingabeeinheit 17 verbindbar. Mittels der Anzeige-/Eingabeeinheit 17 kann das Bedienpersonal sich Prozeßgrößen anzeigen lassen, oder Konfigurationsänderungen an dem System vornehmen.

Fig. 2: ein Blockschaltbild der Applikationseinheit 5 und der Auswerteeinheit 6 gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung. Die Applikationseinheit 5 und die Auswerteeinheit 6 sind über die Schnittstelle 15; 15a, 15b miteinander verbunden. Erfindungsgemäß wird die Steuerung der Meßsignale durch eine für unterschiedliche Sensoren 4 gleich ausgelegte Schnittstelle 15 vorgenommen. Wird als Sensor 4 ein Ultraschallsensor eingesetzt, so können die niederfrequenten Signale, die von der Zeitgeberschaltung 18 und die Steuerschaltung 19 erzeugt und bereitgestellt werden, direkt von der Applikationseinheit 5 weiterverarbeitet werden. Das

von den elektronischen Bauteilen 18, 19 zur Verfügung gestellte Steuersignal enthält bereits die Sendefrequenz und die Sendeimpulsdauer.

5 Da im Falle der Verwendung eines Mikrowellensensors die Meßsignale im GHz-Bereich liegen, werden aus den zuvorgenannten Gründen die Meßsignale in den Niederfrequenzbereich transformiert. Hierzu wird über die Steuereinheit 20 und die Schnittstelle 15a das Hochfrequenzmodul 38 digital ein- und ausgeschaltet. Die eigentliche Sendefrequenz wird im Hochfrequenzmodul 38 erzeugt. Um zu signalisieren, daß das Hochfrequenzmodul 38 nach dem Einschalten meßbereit ist, wird ein digitales Signal zurückgeführt, das zur Synchronisierung und dem Start des Einlesezyklus' genutzt wird. Das Hochfrequenzmodul wird später noch ausführlich beschrieben.

15 Je nach verwendetem Sensor 4 ist die Applikationseinheit 5 nun unterschiedlich konfiguriert. Betrachten wir zuerst den Fall, daß ein Ultraschallsensor an die erfindungsgemäße Vorrichtung angeschlossen ist. Angesteuert über die Schnittstelle 15 werden die im kHz-Bereich liegenden Meßsignale auf die Treiberschaltung 21 gegeben. Über den Signalformer 22 und die Sende-/Empfangsweiche 23 werden die Meßsignale auf die Antenne 39 gegeben und von dort in Richtung des Mediums 2, dessen Prozeßgröße bestimmt werden soll, ausgesendet. Der Sende-/Empfangsweiche 23 kommt dabei die Aufgabe zu, die Empfangsschaltung 7b vor zu hoher Sendeimpulsspannung zu schützen und eine Impedanzanpassung zwischen dem Sensor 4 und der Empfangsschaltung 7b vorzunehmen. Im Falle eines Mikrowellensensors und eines TDR-Sensors gibt es übrigens neben der Sende-/Empfangsweiche 23 zusätzlich eine Impedanzanpassung.

25 Die abgetasteten Echosignale werden über den Bandpaßfilter 32 und den Verstärker 33 über die Schnittstelle 'Applikationseinheit-Auswerteeinheit' 15b der Auswerteeinheit 6 zugeleitet. Wie bereits an vorhergehender Stelle beschrieben, ist die Auswerteeinheit 6 derart konfiguriert, daß sie für alle möglichen auf einer Laufzeitauswertung Verfahren nahezu identisch ist. Nahezu bedeutet hier, daß im Falle von TDR-Meßsignalen auf den Logarithmierer 34 verzichtet werden kann. Der Grund hierfür ist, daß sowohl die frei abgestrahlten Ultraschall-Meßsignale als auch die frei abgestrahlten Mikrowellen-Meßsignale infolge der relativ starken Dämpfung in Luft einen hohen Dynamikbereich aufweisen.

Nachdem die Ultraschall-Meßsignale logarithmiert worden sind, werden sie über das Tiefpaßfilter 35 einem Analog/Digital-Wandler 36 zugeführt. Die digitalisierten Meßdaten werden dem  $\mu$ Prozessor 37 zugeführt, der anhand  
5 der Meßdaten nach einem der hinlänglich bekannten Auswerteverfahren, z. B. über die Hüllkurven-Auswertung, den Füllstand des Mediums 2 in dem Behälter 3 bestimmt.

Wie bereits zuvor erwähnt, werden hochfrequente Meßsignale in den  
10 Niederfrequenzbereich transformiert. Die Transformation wird von dem Hochfrequenzmodul 38 ausgeführt. Das Hochfrequenzmodul 38 setzt sich im gezeigten Beispiel aus folgenden Komponenten zusammen: einer Signalerzeugungseinheit 24, einem Tiefpaßfilter 25, einer Kompensationsschaltung 26, einem Oszillator/Sägezahngenerator 27, einer Verzögerungsschaltung 28,  
15 einem Verstärker 29, einem Signalformer 30 und einem Mischer bzw. einer Abtast- und Halteschaltung 31. Wesentlicher Bestandteil des Hochfrequenzmoduls 38 ist die Zeitverzögerungsschaltung 28, an deren Eingang der Sendetakt anliegt, der von der Signalerzeugungseinheit 24 und der Steuereinheit 20 bereitgestellt wird. Ein im Zusammenhang mit der  
20 vorliegenden Erfindung verwendbares Hochfrequenzmodul ist beispielsweise aus der DE 29 23 963 bekannt geworden.

Der Sägezahngenerator 27 ist im gezeigten Fall mit einem konstanten 'Zeitdehnungsfaktor' eingestellt. Dieser ergibt sich anhand der Steigung des  
25 Sägezahns bzw. anhand der Oszillatorfrequenz. Der Zeitdehnungsfaktor ist zwar je nach verwendetem Meßprinzip unterschiedlich, allerdings ist er immer konstant. Das Verfahren mit variablem Sägezahngenerator ist gleichfalls möglich, um die Teilbereichsmessung mit variabler Meßauflösung zu realisieren; allerdings ist dieses Verfahren nur in Verbindung mit einem TDR-Sensor und einem Mikrowellen-Sensor anwendbar. Für Ultraschall müßte ein  
30 hiervon abweichendes Verfahren gewählt werden, was dem Grundgedanken der vorliegenden Erfindung, nämlich eine maximal mögliche Vereinheitlichung herbeizuführen, entgegenlaufen würde.

Um dieses Problem zu umgehen, werden für die Hochfrequenz-Meßverfahren  
35 konstante Zeitdehnungsfaktoren gewählt. Um weiterhin alle Meßverfahren gleich behandeln zu können, wird die Einstellung der Abtastrate und des

Meßbereichs mit der Ansteuerung des A/D-Wandlers 36 jeweils im Niederfrequenzbereich vorgenommen. Die Einstellung erfolgt mittels eines Ansteuersignals S vom  $\mu$ Prozessor 37 zum A/D-Wandler 36.

5 Die abgetasteten Echosignale werden über einen Verstärker 29 und den Signalformer 30 auf einen ersten Eingang der Abtast-/Halteschaltung 31 bzw. den Mixer 31 gegeben. Die reflektierten Echosignale liegen über die Sende-/Empfangsweiche 23 an einem zweiten Eingang der Abtast- und Halteschaltung 31 an.

10 Im Betrieb werden vorzugsweise periodisch mit der Sendetaktfrequenz Meßsignale erzeugt; die reflektierten Echosignale werden der Abtast- und Halteschaltung 31 zugeführt. Dort wird jedem Echosignal ein Abtastimpuls überlagert und ein daraus resultierendes Gesamtsignal aufgenommen. Das Gesamtsignal wird mittels eines nachgeschalteten Bandpasses 32 gefiltert  
15 und mittels des Verstärkers 33 verstärkt. Über die Schnittstelle 15b werden die Gesamtsignale der einheitlich konfigurierten Auswerteeinheit 6 zugeleitet.

**Bezugszeichenliste**

	1	erfindungsgemäße Vorrichtung
5	2	Medium
	3	Behälter
	4	Sensor
	5	Applikationseinheit
	6	Auswerteeinheit
10	7	Sende-/Empfangseinheit
	8	Kommunikationseinheit
	9	Prozeßleitstelle
	10	ProfiBus PA
	11	HART Modem
15	12	Fieldbus Foundation CPU
	13	interne Schnittstelle 'Auswerteeinheit-Kommunikationseinheit'
	14	serieller Bus
	15	Schnittstelle 'Applikationseinheit-Auswerteeinheit
	16	Schnittstelle 'Kommunikationseinheit-Anzeige-/Eingabeeinheit
20	17	Anzeige-/Eingabeeinheit
	18	Zeitgeberschaltung
	19	Torschaltung
	20	Steuereinheit
	21	Treiberschaltung
25	22	Signalformer
	23	Sende-/Empfangsweiche
	24	Signalerzeugungseinheit
	25	Tiefpaßfilter
	26	Kompensationsschaltung
30	27	Oszillator/Sägezahn-generator
	28	Verzögerungsschaltung
	29	Treiberschaltung
	30	Signalformer
	31	Mischer/Abtast-und Halteschaltung
35	32	Bandpaßfilter/Tiefpaßfilter
	33	Verstärker

- 5      34    Logarithmierer  
      35    Tiefpaßfilter  
      36    A/D Wandler  
      37     $\mu$  Prozessor  
      38    Hochfrequenzmodul  
      39    Antenne

### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Bestimmung einer physikalischen Prozeßgröße eines Mediums (2) mit einem Sensor (4), einer sensorspezifischen Applikationseinheit (5) und einer vom jeweils verwendeten Sensor im wesentlichen unabhängigen Auswerteeinheit (6), wobei dem Sensor (4) eine Sendee-/Empfangseinheit (7) zugeordnet ist, wobei die Sendeeinheit (7a) Meßsignale in Richtung des Mediums (2) aussendet und wobei die Empfangseinheit (7b) die durch die Wechselwirkung mit dem Medium (2) beeinflussten Meßsignale empfängt, und wobei die Applikationseinheit (5) derart ausgestaltet ist, daß sie unabhängig von dem jeweils verwendeten Sensor (4) Meßdaten zur Verfügung stellt, aus denen die Auswerteeinheit (6) mittels eines einheitlichen Auswerte-Algorithmus' die physikalische Prozeßgröße über ein Laufzeitverfahren bestimmt.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei eine von dem jeweils verwendeten Sensor (4) unabhängige Kommunikationseinheit (8) für den Datenaustausch mit einer entfernten Prozeßleitstelle (9) vorgesehen ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, wobei die Kommunikationseinheit (8) mit der Prozeßleitstelle (9) über einen seriellen Bus (13) kommuniziert und wobei die Kommunikationseinheit (8) für den Datenaustausch mittels unterschiedlicher Übertragungsstandards (10, 11, 12) konfiguriert ist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1, 2 oder 3, wobei es sich bei dem Sensor (4) um einen Sensor handelt, der elektromagnetische Wellen oder akustische Wellen frei oder über ein leitendes Element in Richtung des Mediums abstrahlt oder in Richtung des Mediums führt.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, wobei im Falle eines Mikrowellensensors oder eines Sensors, der Mikrowellen in Richtung des Mediums führt, ein Hochfrequenzmodul (38) vorgesehen ist,

das die hochfrequenten Meßsignale erzeugt und die hochfrequenten Meßsignale in den niederfrequenten Meßbereich transformiert.

- 5 6. Vorrichtung nach Anspruch 5,  
wobei das Hochfrequenzmodul (38) Teil der sensorspezifischen Applikationseinheit (5) ist und/oder  
wobei das Hochfrequenzmodul (38) und die Applikationseinheit (5) in den Sensor (4) integriert sind.
- 10 7. Vorrichtung nach Anspruch 1, 2, 3, 4, 5 oder 6,  
wobei es sich bei der Prozeßgröße und den Füllstand des Mediums (2) in einem Behälter (3) handelt oder  
wobei es sich bei der Prozeßgröße um den Durchfluß eines Mediums (2) durch eine Leitung handelt.
- 15 8. Vorrichtung nach 1 oder 7,  
wobei an der sensorspezifischen Applikationseinheit (5) eine Schnittstelle (15a) vorgesehen ist, über die im Falle eines Ultraschallsensors die Sendefrequenz und die Sendepulsdauer an die Sendeeinheit (7a)  
20 übertragen wird und  
wobei im Falle eines Mikrowellensensors oder eines Sensors, der die Mikrowellen mittels eines leitenden Elements in Richtung des Mediums führt, über die Schnittstelle das Hochfrequenzmodul (41) angesteuert wird.
- 25 9. Vorrichtung nach Anspruch 1, 4 oder 5,  
wobei die Auswerteeinheit (6) die durch das Medium (2) beeinflussten Meßsignale innerhalb eines ersten Meßbereichs (M1) mit einer ersten Abtastfrequenz (F1) abtastet, wobei die erste Abtastfrequenz (F1) eine erste Distanzauflösung (A1) der durch das Medium (2) beeinflussten Meßsignale  
30 definiert, und  
wobei die Auswerteeinheit (6) die durch das Medium (2) beeinflussten Meßsignale innerhalb zumindest eines zweiten Meßbereichs (M2) mit einer zweiten Abtastfrequenz (F2) abtastet, wobei die zweite Abtastfrequenz (F2) einer zweiten Distanzauflösung (A2) der durch das Medium (2) beeinflussten Meßsignale entspricht und wobei die Meßbereiche (M1, M2) und die  
35 Meßsignale entspricht und wobei die Meßbereiche (M1, M2) und die



Abtastfrequenzen ( $F_1$ ,  $F_2$ ) derart gewählt werden, daß die folgenden beiden Bedingungen gleichzeitig erfüllt sind:  $M_2 \subset M_1$  und  $F_2 > F_1$ .

10. Vorrichtung nach Anspruch 9,

5 wobei die Auswerteeinheit (6) zur Bestimmung des Füllstandes des Mediums (2) in dem Behälter (3) ein Nutzechosignal, das den an der Oberfläche des Mediums (2) reflektierten Anteil des Meßsignals repräsentiert, in bezug auf ein systemabhängiges Referenzechosignal ausgewertet wird, wobei das systemabhängige Referenzsignal den Anteil des Meßsignals repräsentiert, der  
10 aufgrund von Reflexionen beim Übergang auf die Sendeeinheit (7) oder innerhalb der Sendeeinheit (7) auftritt.

11. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10,

15 wobei die Auswerteeinheit (6) als ersten Meßbereich ( $M_1$ ) den gesamten Meßbereich wählt, wobei der gesamte Meßbereich den Bereich zwischen dem minimalen Füllstand ( $F_{\min}$ ) und dem maximalen Füllstand ( $F_{\max}$ ) des Mediums (2) in dem Behälter (3) umfaßt, und  
wobei die Auswerteeinheit (6) als zweiten Meßbereich ( $M_2$ ) zumindest einen ausgewählten Bereich in der Umgebung des Nutz-Echosignals und/oder des  
20 Referenz-Echosignal heranzieht.

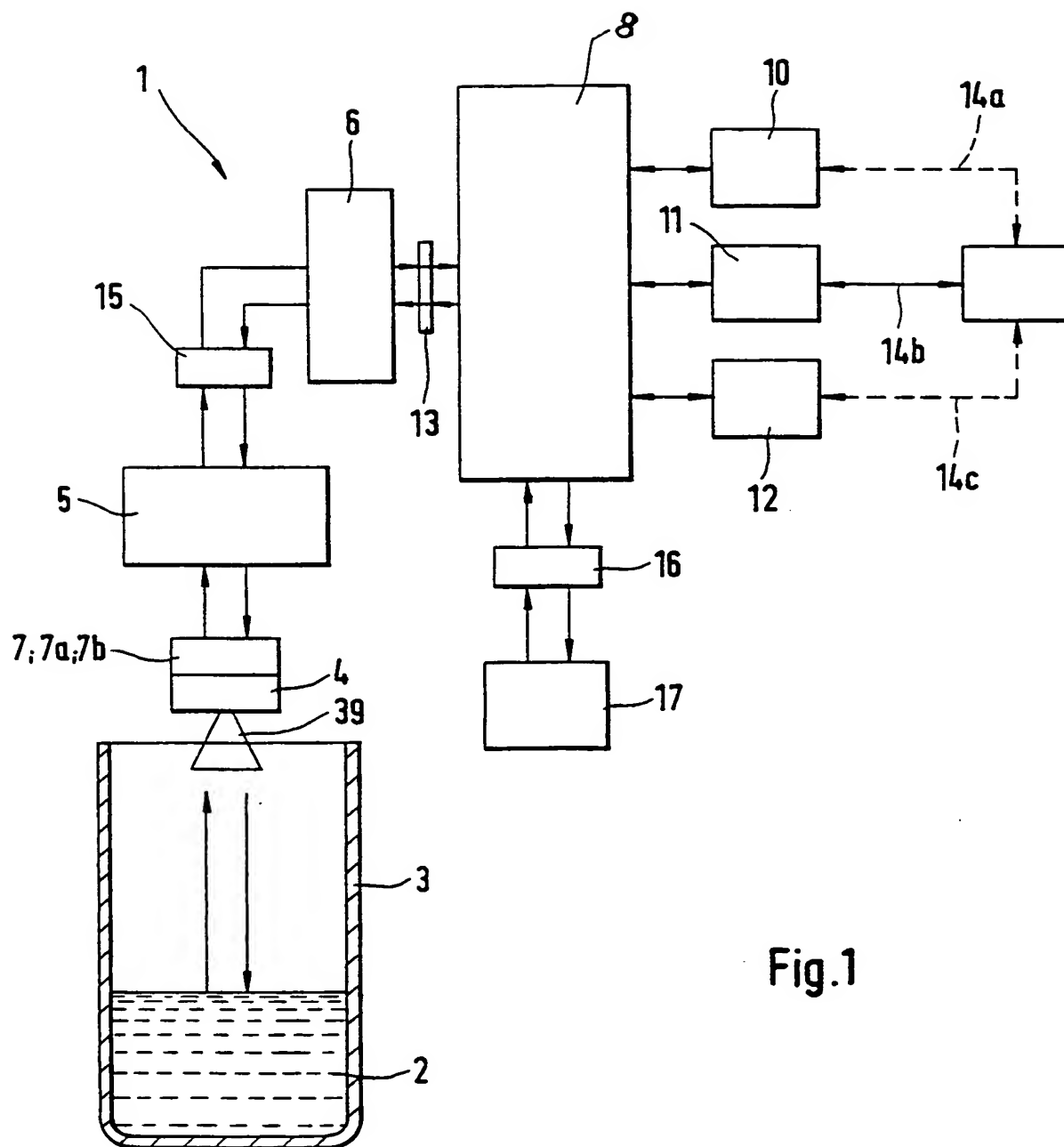


Fig.1



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 99/06585

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G01F23/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4 718 025 A (MINOR PAUL S ET AL) 5 January 1988 (1988-01-05) column 5, line 11 -column 6, line 41; figures 1,2 ---	1
A	US 4 847 623 A (JEAN BUFORD R ET AL) 11 July 1989 (1989-07-11) column 3, line 67 -column 4, line 46; figure 1 ---	1
A	GB 2 300 265 A (FLOTEC UK LTD) 30 October 1996 (1996-10-30) page 9, paragraph 2 -page 14, paragraph 1; figures 1,2 --- -/-	1

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

16 May 2000

Date of mailing of the international search report

24/05/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Heinsius, R

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

In ational Application No

PCT/EP 99/06585

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>EP 0 340 953 A (FEDERAL IND IND GROUP INC)  8 November 1989 (1989-11-08)  column 4, line 58 -column 6, line 51;  figure 1</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

In. ational Application No

PCT/EP 99/06585

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4718025	A	05-01-1988	NONE	
US 4847623	A	11-07-1989	US 4737791 A EP 0234479 A	12-04-1988 02-09-1987
GB 2300265	A	30-10-1996	NONE	
EP 0340953	A	08-11-1989	US 4890266 A AT 69894 T AU 621610 B AU 3374789 A CA 1301908 A DE 68900470 D GR 3003853 T JP 2062992 A JP 2701937 B ZA 8903319 A	26-12-1989 15-12-1991 19-03-1992 09-11-1989 26-05-1992 09-01-1992 16-03-1993 02-03-1990 21-01-1998 30-05-1990

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
 IPK 7 G01F23/00

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**
 Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
 IPK 7 G01F

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehorende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 4 718 025 A (MINOR PAUL S ET AL) 5. Januar 1988 (1988-01-05) Spalte 5, Zeile 11 -Spalte 6, Zeile 41; Abbildungen 1,2 ---	1
A	US 4 847 623 A (JEAN BUFORD R ET AL) 11. Juli 1989 (1989-07-11) Spalte 3, Zeile 67 -Spalte 4, Zeile 46; Abbildung 1 ---	1
A	GB 2 300 265 A (FLOTEC UK LTD) 30. Oktober 1996 (1996-10-30) Seite 9, Absatz 2 -Seite 14, Absatz 1; Abbildungen 1,2 --- -/-	1



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfindenscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfindenscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

16. Mai 2000

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

24/05/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Heinsius, R

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 340 953 A (FEDERAL IND IND GROUP INC) 8. November 1989 (1989-11-08) Spalte 4, Zeile 58 -Spalte 6, Zeile 51; Abbildung 1 -----	1



# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

In. .tionales Aktenzeichen

PCT/EP 99/06585

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4718025	A	05-01-1988	KEINE	
US 4847623	A	11-07-1989	US 4737791 A EP 0234479 A	12-04-1988 02-09-1987
GB 2300265	A	30-10-1996	KEINE	
EP 0340953	A	08-11-1989	US 4890266 A AT 69894 T AU 621610 B AU 3374789 A CA 1301908 A DE 68900470 D GR 3003853 T JP 2062992 A JP 2701937 B ZA 8903319 A	26-12-1989 15-12-1991 19-03-1992 09-11-1989 26-05-1992 09-01-1992 16-03-1993 02-03-1990 21-01-1998 30-05-1990